

INTERFERÊNCIA DO ESTÁDIO FENOLÓGICO DO CAPIM-AMARGOSO SOBRE A EFICÁCIA DO HERBICIDA GLYPHOSATE

INTERFERENCE OF SOURGRASS PHENOLOGICAL STAGE ON THE EFFECTIVENESS OF GLYPHOSATE HERBICIDE

Jeisiane de Fátima Andrade^a, Jéssica Cursino Presoto^b, Saul Jorge Pinto de Carvalho^{c*}

^aDepartamento de Ciências Biológicas, Mestranda em Fisiologia Vegetal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

^bDepartamento de Produção Vegetal, Mestranda em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

^cInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado. Minas Gerais, Brasil.

*Autor correspondente: sjpcarvalho@yahoo.com.br.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido: 06 Maio 2019.

Aceito: 06 Agosto 2019.

Publicado: 20 Março 2020.

Palavras-chave/Keywords:

Controle/ Control.

Digitaria insularis/ Digitaria insularis.

EPSPs/ EPSPs.

Manejo/ Management.

Financiamento:

FAPEMIG

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

RESUMO

Considera-se que o controle eficiente de plantas daninhas com o uso de herbicidas em pós-emergência depende, sobretudo, do estádio de desenvolvimento das plantas alvo no momento da aplicação. Neste sentido, o estádio fenológico das plantas é uma variável importante a ser considerada no ambiente de produção, pois interfere na eficácia do produto e exige readequação das doses recomendadas. Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a suscetibilidade do capim-amargoso ao herbicida glyphosate influenciada pelo estádio fenológico no momento da aplicação. Para tanto, dois experimentos semelhantes foram realizados, nos quais os tratamentos foram organizados segundo esquema fatorial 8x5, em que oito foram as doses do herbicida glyphosate (0, 45, 90, 180, 360, 720, 1440, 2880 g ha⁻¹) e cinco os estádios fenológicos do capim-amargoso. Comparado à variável massa seca, observou-se que a variável controle percentual promoveu melhor estimativa da suscetibilidade do capim-amargoso ao glyphosate, considerando-se diferentes estádios fenológicos; para esta variável o cálculo de DL₈₀ resultou em excelente estimativa de suscetibilidade da espécie, obtendo-se a equação $y = 26,276x - 112,42$. Ou seja, a cada 10 unidades na escala BBCH, necessita-se de 150 g ha⁻¹ adicionais de glyphosate para obter o mesmo DL₈₀.

ABSTRACT

Efficient weed chemical control with post-emergence herbicides depends upon the phenological stage of the target plants in the moment of application. In this sense, plants' phenological stage is an important variable to be considered in the production environment, once it interferes on product's efficacy and demands reallocation of the recommended rates. Thus, this work was developed with the objective of evaluating glyphosate-susceptibility of sourgrass influenced by the phenological stage at the moment of application. Two similar experiments were carried out, in which treatments were organized according to a 8x5 factorial scheme, where eight were the rates of glyphosate herbicide (0, 45, 90, 180, 360, 720, 1440, 2880 g ha⁻¹) and five were the phenological stages of sourgrass. Compared to the dry mass variable, it was observed that the variable percent control promoted better estimative of sourgrass susceptibility to glyphosate considering different phenological stages; for that variable, calculating DL₈₀ reached excellent estimative of species herbicide susceptibility, providing the equation $y = 26.276x - 112.42$, i.e., increasing glyphosate rate by 150 g ha⁻¹ was necessary to reach DL₈₀ for each 10 units of plants' development in BBCH scale.

Citação deste artigo:

ANDRADE, J. F.; PRESOTO, J. C.; CARVALHO, S. J. P. Interferência do estádio fenológico do capim-amargoso sobre a eficácia do herbicida glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 3. 2019.

1. Introdução

Atualmente, o controle químico de plantas daninhas em agroecossistemas é uma realidade mundial, devido à elevada eficácia e, principalmente, devido à redução dos custos de produção. Segundo Santos et al. (2014), os herbicidas são uma ferramenta primária utilizada para manejo de plantas daninhas em culturas anuais. Moreira et al. (2007) e França et al. (2010) comentam sobre a importância do uso de herbicidas também em culturas perenes, tais como em pomares de citros e cafeeiro, respectivamente. Neste sentido, o glyphosate tem sido considerado como o herbicida de maior importância mundial, sendo utilizado por muitos anos no controle de plantas daninhas anuais ou perenes em diversos sistemas de produção.

Trata-se de um herbicida pós-emergente, do grupo químico das glicinas substituídas, classificado como não-seletivo e de ação sistêmica. O glyphosate tem como mecanismo de ação a inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS; EC 2.5.1.19), precursora da síntese de aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, fundamentais para o desenvolvimento vegetal e sem os quais a planta não consegue se desenvolver, entra em processo de senescência e necrose e morre entre 14 e 28 dias (GEIGER; FUCHS, 2002; CARVALHO et al., 2008; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

O controle eficiente de plantas daninhas com o uso de herbicidas em pós-emergência depende, sobretudo, do estádio de desenvolvimento das plantas alvo no momento da aplicação (JOHNSON; HOVERSTAD, 2002; FLECK et al., 2008). O uso inadequado do glyphosate para controlar espécies daninhas, em seus diferentes estádios fenológicos, pode promover gasto desnecessário de capital e energia metabólica (dose demasiadamente elevada nos estádios iniciais) ou mesmo resultar em baixo controle (estádios mais avançados) (DIAS et al., 2013).

De acordo com Pereira et al. (2010), a utilização de doses elevadas de herbicidas vem sendo intensamente questionada nos últimos anos, em razão dos possíveis danos causados ao agroecossistema, do custo elevado e do aumento da pressão de seleção sobre biótipos resistentes a herbicidas. Entretanto, em alguns casos, as doses recomendadas de alguns herbicidas podem ser reduzidas sem prejuízo para o controle das plantas daninhas e sem afetar o rendimento da cultura, o que possibilita manter o controle de plantas daninhas em níveis satisfatórios, sendo mais ecologicamente corretas e economicamente viáveis (DIAS et al., 2013).

Dentre as plantas daninhas comumente encontradas em áreas agrícolas brasileiras, pode-se destacar o capim-amargoso (*Digitaria insularis* (L.) Fedde). Facilmente encontrado no Brasil como infestante em pastagens, cafezais, pomares, beira de estradas e terrenos baldios, além de áreas de plantio direto, pois forma touceiras e floresce durante todo o ano, interferindo diretamente na produtividade agrícola e eficiência das operações (LORENZI, 2000; MACHADO et al., 2008).

Assim sendo, considera-se que o manejo do capim-

amargoso em áreas agrícolas é uma problemática reconhecida e estabelecida no Brasil, sobretudo utilizando-se o herbicida glyphosate. No entanto, não há correlação clara disponível na literatura entre o grau de desenvolvimento da espécie e sua suscetibilidade ao glyphosate, de modo que frequentemente há adoção de doses equivocadas ou superestimadas.

Plantas jovens, provenientes de sementes, são controladas com mais facilidade com o uso de herbicidas. Já plantas adultas com touceiras perenizadas e presença de rizomas, tem seu controle dificultado (MACHADO et al., 2006; TIMOSSI et al., 2006; GEMELLI et al., 2012). Comumente, esta espécie exige aplicação de doses de glyphosate superiores àquelas recomendadas para adequado controle de outras espécies da família Poaceae.

Há alguns anos, Lacerda e Victoria Filho (2004) observaram que apenas 128,5 g ha⁻¹ de glyphosate eram suficientes para obter 50% de controle da espécie (DL₅₀-dose letal para obter 50% de controle da espécie). Enquanto Timossi et al. (2006) observaram que a aplicação de 1440 g ha⁻¹ de glyphosate promoveu controle satisfatório da comunidade infestante, porém, não evitou o rebrote do capim-amargoso. Atualmente, com frequência, são necessárias doses de glyphosate superiores a 2.880 g ha⁻¹ para obtenção dos mesmos 50% de controle (CORREIA et al., 2010; NICOLAI et al., 2010).

Mais recentemente, a importância das infestações de áreas agrícolas por capim-amargoso foi elevada devido à detecção de biótipos com resistência ao herbicida glyphosate, em lavouras de soja e milho, além de pomares de citros (CARVALHO et al., 2011; HEAP, 2018). À vista disso, uma espécie de baixa importância agronômica, tornou-se uma das plantas daninhas mais competitivas e importantes do país. Portanto, supõe-se que o estádio fenológico do capim-amargoso tem importância fundamental nas estratégias de controle, interferindo na eficácia do controle químico. Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a suscetibilidade do capim-amargoso ao herbicida glyphosate sob interferência de diferentes estádios fenológicos, bem como elaborar modelos matemáticos de predição da suscetibilidade da planta daninha a este herbicida.

2. Material e Métodos

Dois experimentos independentes e semelhantes foram desenvolvidos em casa-de-vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado – MG (21° 40' S; 45° 55' W; 850 m de altitude). Em cada experimento, avaliou-se a eficácia do herbicida glyphosate sobre diferentes estádios fenológicos do capim-amargoso. Os propágulos de capim-amargoso foram coletados no próprio campus, em áreas com significativa infestação suscetível ao herbicida glyphosate. Em seguida, foram acondicionados em sacos de papel, em local seco, à temperatura ambiente, até a instalação dos experimentos. O primeiro experimento foi instalado a partir de março de 2016, e o segundo foi desenvolvido a partir de setembro de 2016.

Inicialmente, as sementes de capim-amargoso foram germinadas em caixas plásticas com capacidade para 2 L, preenchidas com substrato comercial (casca de Pinus + turfa + vermiculita). Em estádio fenológico de uma folha plenamente expandida, as plântulas foram transplantadas para vasos onde permaneceram até o final do experimento, em população média de três plantas por vaso. Em ambos experimentos, foi adotado delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela constou de um vaso com capacidade para 1,0 L, preenchido com mistura de substrato comercial, terra vegetal e

vermiculita, na proporção de 7:2:1, respectivamente, devidamente fertilizados. Todas as parcelas foram mantidas sob sistema de irrigação automatizado.

Em cada experimento, os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 8 x 5, em que oito foram as doses do herbicida glyphosate (Roundup Original®; 0, 45, 90, 180, 360, 720, 1440, 2880 g e.a. ha⁻¹) e cinco foram os estádios fenológicos do capim-amargoso. Considerando-se as quatro repetições, cada experimento contou com 160 unidades experimentais. Os estádios fenológicos adotados estão adequadamente descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Estádios fenológicos registrados para o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) no momento da pulverização das caldas do herbicida glyphosate. Machado - MG, 2016.

Estádio	Descrição	Escala BBCH ¹	Altura
Primeiro Experimento			
1	2-3 folhas	13	3,5 cm
2	5 folhas, 1 perfilho	21	10 cm
3	6 folhas, 2 perfilhos	22	22 cm
4	6 folhas, 3 perfilhos	23	31 cm
5	7-8 folhas, 6 perfilhos, 1 internó visível	31	48 cm
Segundo Experimento			
1	3 folhas	21	6 cm
2	5 folhas, 2 perfilhos	22	17 cm
3	4 folhas, 3 perfilhos	23	22 cm
4	6 folhas, 3 perfilhos, 1 internó visível	31	38 cm
5	7 folhas, 3 perfilhos, 2 internós visíveis	32	48 cm

¹Escala BBCH adotada conforme descrição de Hess et al. (1997).

As semeaduras das plantas, bem como os transplantes, foram escalonados semanalmente, de modo que a aplicação dos tratamentos herbicidas foi toda realizada no mesmo dia. No dia da aplicação dos tratamentos, quatro parcelas foram amostradas de todos os estádios fenológicos, para mensurar a fenologia exata, segundo escala de Hess et al. (1997), conforme Tabela 1. Na aplicação, foi utilizado pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO₂, acoplado a barra com duas pontas do tipo TeeJet 110.02, posicionadas a 0,50 m dos alvos, com consumo relativo de calda de 200 L ha⁻¹. Em todos os tratamentos, foi utilizada água deionizada no preparo das soluções, para evitar contaminação. No primeiro experimento, a aplicação foi realizada em 20/04/2016; no segundo, em 02/11/2016.

Em seguida, foi avaliado o controle percentual aos 28 dias após aplicação (DAA), bem como a massa seca residual também aos 28 DAA. Para as avaliações de controle percentual, foi atribuído 0% no caso da ausência de sintomas causados pelos herbicidas e 100% para a morte das plantas (SBCPD, 1995).

A massa vegetal foi obtida a partir da colheita do material vegetal remanescente nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 70°C por 72 horas. A massa seca foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%.

Inicialmente, para cada experimento, os dados foram submetidos à análise da variância com aplicação do teste F. Em cada estádio fenológico, as doses de glyphosate foram

ajustadas a modelos de regressão não lineares do tipo logístico. Considerando-se a variável controle percentual, os dados foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo logístico, conforme modelo adaptado por Carvalho et al. (2010):

$$y = \frac{100}{\left[1 + \left(\frac{x}{DL_{50}} \right)^\alpha \right]}$$

Em que: y = porcentagem de controle; x = dose do herbicida (g ha⁻¹); DL_{50} é a dose de glyphosate que proporciona 50% de resposta da variável; e α é a declividade da curva.

Para a variável massa seca residual, foi adotado o modelo proposto por Seefeldt et al. (1995):

$$y = Pmín + \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b} \right)^c \right]}$$

Em que: y = quantificação da massa; x = dose do herbicida; e $Pmín$, a , b e c são parâmetros da curva, de

modo que Pm_{\min} é o limite inferior da curva, a é a diferença entre o ponto máximo e mínimo da curva, b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva.

De forma a complementar as análises, para cada estádio fenológico, foram calculados matematicamente os valores de DL_{80} , utilizando-se o princípio da equação inversa, conforme discutido por Carvalho et al. (2005). Posteriormente, os sucessivos valores de DL_{80} foram ajustados a modelos lineares, correlacionando as variáveis de desenvolvimento vegetal com o aumento da tolerância da espécie a herbicidas.

3. Resultados e Discussão

Ao teste F, em ambos os experimentos, houve efeito de doses e estádios de aplicação para ambas as variáveis. Para a variável controle percentual, detectou-se interação fatorial em ambos os experimentos, com 5% de significância; para massa seca, a interação só foi identificada em um dos experimentos. Por meio desta observação, sugere

-se o controle percentual como uma variável mais sensível às pequenas diferenças experimentais, para este tipo de análise.

Resultado semelhante foi evidenciado por Carvalho et al. (2008; 2010), em que a interação fatorial só foi identificada nas análises de controle, indicativo de que a variável massa seca seja menos sensível a pequenas variações. Para maior sensibilidade na análise de massa, pode-se optar por utilizar maior número de repetições, maior número de amostragens por parcela ou instalação de experimentos em áreas semeadas com quantidades exatas de propágulos da espécie de interesse.

Para padronizar a abordagem estatística, promoveu-se o emprego de regressões para todos os estádios fenológicos. Os parâmetros obtidos para os modelos logísticos estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. Para o controle percentual, os valores de DL_{80} tiveram limites extremos de 197,4 g ha^{-1} (plantas em estádio 21) e 447 g ha^{-1} (plantas em estádio 31). Já neste ponto, fica evidente a influência do estádio de desenvolvimento nas plantas sobre a eficácia do controle químico, mesmo para pequenas diferenças fenológicas na escala BBCH (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros para ajuste do controle visual do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) ao modelo logístico¹, utilizando-se o herbicida glyphosate, em dois experimentos distintos e em cinco estádios fenológicos, avaliado aos 28 DAA². Machado - MG, 2016.

Expto.	Estádio	Parâmetros do Modelo ¹		R^2	DL_{80}
		DL_{50}	α		
1	13	125,73	-2,71	0,998	209,706
	21	131,16	-1,94	0,998	267,709
	22	170,94	-2,44	0,999	301,501
	23	206,21	-2,11	0,996	397,420
	31	157,78	-1,33	0,991	447,069
2	21	117,33	-2,66	0,999	197,431
	22	131,32	-1,95	0,998	267,747
	23	169,85	-2,42	0,999	300,914
	31	207,34	-2,15	0,996	394,633
	32	161,18	-1,39	0,993	438,537

¹Modelo: $y = 100/(1+(x/DL_{50})^{\alpha})$; ²DAA – Dias após aplicação.

Após a análise por regressões não-lineares, novamente, a variável controle percentual aos 28 DAA resultou em melhor interpretação da suscetibilidade do capim-amargoso ao herbicida glyphosate. A variável massa seca percentual não permitiu ajuste dos dados, quanto à

DL_{80} , em três dos estádios fenológicos (Tabela 3). Embora o herbicida tenha ocasionado a morte das plantas nas doses mais altas, o período de 28 dias não foi suficiente para promover a mineralização do material vegetal, de modo que havia massa a ser coletada nos vasos.

Tabela 3. Parâmetros para ajuste da massa seca residual do capim-amargoso (*Digitaria insularis*) ao modelo logístico¹, utilizando-se o herbicida glyphosate, em dois experimentos distintos e em cinco estádios fenológicos, avaliado por meio da massa seca percentual aos 28 DAA². Machado - MG, 2016.

Expto.	Estádio	Parâmetros do Modelo ¹			R ²	DL ₅₀	DL ₈₀
		Pmín	a	b			
1	13	0,358	99,84	70,97	3,33	0,999	70,90
	21	3,071	97,13	91,92	2,53	0,999	89,79
	22	12,850	87,93	195,26	2,06	0,997	170,74
	23	24,127	74,78	178,99	1,95	0,994	124,96
	31	27,959	73,37	104,47	1,26	0,985	57,04
2	21	-0,647	97,69	99,32	2,12	0,995	97,13
	22	2,343	95,70	102,20	1,62	0,994	96,68
	23	6,804	95,51	132,32	1,63	0,995	124,90
	31	17,413	81,26	227,45	1,45	0,993	164,62
	32	20,737	79,32	112,39	1,23	0,993	72,90

¹Modelo: $y = P_{\min} + (a/(1+(x/b)^c))$; ²DAA – Dias após aplicação.

Embora a planta esteja morta, o cálculo oriundo da massa seca percentual resulta em elevada porcentagem de material remanescente. Assim sendo, optou-se por utilizar apenas a variável controle percentual aos 28 DAA para as demais análises. A influência do estádio fenológico sobre a eficácia do herbicida glyphosate ficou clara quanto à variável controle percentual, aos 28 DAA, sobretudo no cálculo de DL₈₀ (Figura 1). Obteve-se a equação $y = 26,276x - 112,42$

– 112,42, em que y = dose estimada para obter 80% de controle de uma população no estádio fenológico (x), que a planta de encontra. Para este parâmetro, houve aumento linear crescente da dose para obter os mesmos 80% de controle. À medida em que as plantas se desenvolvem, tem-se perda de suscetibilidade à molécula. Em resumo, a cada 10 unidades na escala BBCH, necessita-se de 150 g ha⁻¹ adicionais de glyphosate para obter o mesmo controle.

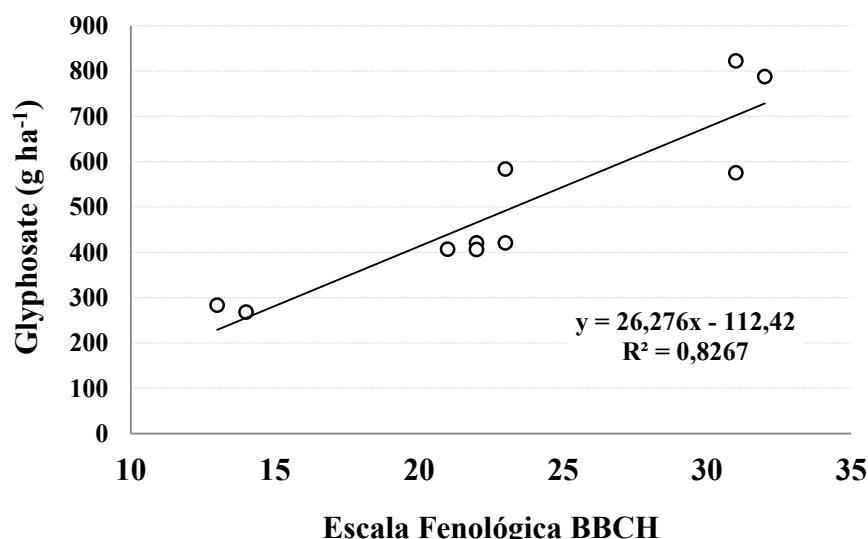


Figura 1. Dose letal para 80% da população de *Digitaria insularis* (capim-amargoso) (DL₈₀) influenciada pelo estádio fenológico das plantas no momento da aplicação. Machado - MG, 2016.

Estas considerações estão em concordância com a literatura, em que se registra que plantas jovens, provenientes de sementes, são mais facilmente controladas com o uso de herbicidas. Porém, plantas adultas com touceiras perenizadas e presença de rizomas, tem seu

controle dificultado. Logo, infere-se que o melhor período para controle de *D. insularis* é até os 45 DAE, quando os rizomas ainda não foram formados (MACHADO et al., 2006; TIMOSSI et al., 2006; GEMELLI et al., 2012).

De forma semelhante, Dias et al. (2013) concluíram

J. F. ANDRADE et al.

que o estádio de desenvolvimento da trapoeraba no momento da aplicação contribui significativamente para o grau de tolerância da espécie ao herbicida glyphosate, de modo que, comparativamente ao capim-marmelada, plantas de trapoeraba tornam-se quatro vezes mais tolerantes ao glyphosate a cada dez unidades de desenvolvimento na escala fenológica. Na literatura, há diversos relatos sobre a influência do estádio fenológico das plantas na sua suscetibilidade ao herbicida glyphosate. Por exemplo, Christoffoleti et al. (2005) observaram interferência do estádio fenológico do azevém (*Lolium multiflorum*) na eficácia do herbicida glyphosate, registrando menor controle para plantas mais desenvolvidas.

Segundo Barroso (2013) existem características anatômicas nas folhas de capim-amargoso que podem influenciar na absorção e na translocação do glyphosate. Essas diferenças morfológicas são evidenciadas nos maiores estádios vegetativos das plantas, principalmente pela presença de tricomas e pela deposição de ceras na folha. A relação negativa entre a presença de tricomas e a absorção de herbicidas é observada na maioria dos trabalhos (HESS; FALK, 1990).

Já a cutícula, constituída por ceras funciona também como importante barreira à entrada de microrganismos e produtos fitossanitários, no entanto, a absorção de herbicidas não está apenas relacionada à espessura da cutícula, mas também à sua constituição lipídica e ao grau de impedimento da passagem (SILVA et al., 2004).

Outro fator contribuinte para a dificuldade de controle do capim-amargoso está na observação feita por Machado et al. (2008), que comentam que a maior dificuldade em controlar plantas de capim-amargoso originadas de rizomas pode estar relacionada com a maior espessura na epiderme das faces adaxial e abaxial e maior espessura da lâmina foliar, quando comparadas com plantas provenientes de sementes. Ainda, observaram grande quantidade de amido nos rizomas, que pode dificultar a translocação do glyphosate e permitir rápida rebrota da parte aérea das plantas.

4. Conclusões

Considerando-se diferentes estádios fenológicos, a variável massa seca não permitiu adequado ajuste da suscetibilidade do capim-amargoso ao herbicida glyphosate, enquanto a variável controle percentual promoveu melhor estimativa da suscetibilidade do capim-amargoso ao herbicida glyphosate. Para esta variável, o cálculo de DL₈₀ resultou em excelente estimativa de suscetibilidade da espécie, obtendo a equação $y = 26,276x - 112,42$, ou seja, a cada 10 unidades na escala BBCH, necessita-se de 150 g ha⁻¹ adicionais de glyphosate para obter o mesmo DL₈₀.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pela bolsa

de iniciação científica concedida ao primeiro autor.

Referências

- Barroso, A. A. M. Caracterização genética e foliar de capim-amargoso resistente ao herbicida glyphosate e eficácia de seu controle com associação de herbicidas. 2013. 96f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- Carvalho, L. B.; Cruz-Hipolito, H.; González-Torralva, F.; Alves, P. L. C. A.; Christoffoleti, P. J.; de Prado, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.
- Carvalho, S. J. P.; Dias, A. C. R.; Damin, V.; Nicolai, M.; Christoffoleti, P. J. Glifosato aplicado com diferentes concentrações de uréia ou sulfato de amônio para dessecamento de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1501-1508, 2008.
- Carvalho, S. J. P.; Dias, A. C. R.; Shiomi, G. M.; Christoffoleti, P. J. Adição simultânea de sulfato de amônio e ureia à calda de pulverização do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 575-584, 2010.
- Carvalho, S. J. P.; Lombardi, B. P.; Nicolai, M.; López-Ovejero, R. F. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.
- Christoffoleti, P. J.; Trentin, R.; Tocchetto, S.; Marochi, A.; Galli, A. J. B.; López-Ovejero, R. F.; Nicolai, M. Alternative herbicides to manage Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) resistant to glyphosate at different phenological stages. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 40, n. 1, p. 59-67, 2005.
- Correia, N. M.; Leite, G. J.; Garcia, L. D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 769-776, 2010.
- Dias, A. C. R.; Carvalho, S. J. P.; Christoffoleti, P. J. Fenologia da trapoeraba como indicador para tolerância ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 185-191, 2013.
- Fleck, N. G.; Lazaroto, C. A.; Schaedler, C. E.; Ferreira, F. B. Controle de papuã (*Brachiaria plantaginea*) em soja em função da dose e da época de aplicação do herbicida clethodim. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 375-383, 2008.
- França, A. C.; Freitas, M. A. M.; Fialho, C. M. T.; Silva, A. A.; Reis, M. R.; Galon, L.; Victoria Filho, R. Crescimento de cultivares de café arábica submetidos a doses de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 599-607, 2010.

- Geiger, D. R.; Fuchs, M. A. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K.; HIRAI, K. (Eds). **Herbicide classes in development**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p. 59-85.
- Gemelli, A.; Oliveira JR, R.; Constantin, J.; Braz, G.; Jumes, T.; Oliveira Neto, A.; Dan, H.; Biffe, D. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 2, p. 231-240, 2012.
- Heap, I. M. **International survey of herbicide-resistant weeds**. Disponível em: www.weedscience.org. Acesso em: 07 de abril de 2018.
- Hess, F. D; Falk, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 3, p. 280-288, 1990.
- Hess, M.; Barralis, G.; Bleiholder, H.; Buhrs, L.; Eggers, T. H.; Hack, H.; Stauss, R. Use of the extended BBCH scale - general for descriptions of the growth stages of mono-and dicotyledonous weed species. **Weed Research**, v. 37, n. 6, p. 433-441, 1997.
- Johnson, G. A.; Hoverstad, T. R. Effect of row spacing and herbicide application timing on weed control and grain yield in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, v. 16, n. 3, p. 548-553, 2002.
- Lacerda, A. L. S.; Victoria Filho, R. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 73-79, 2004.
- Lorenzi, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 720 p.
- Machado, A. F. L.; Ferreira, L. R.; Ferreira, F. A.; Fialho, C. M. T.; Tuffi Santos, L. D.; Machado, M. S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 641- 647, 2006.
- Machado, A. F. L.; Meira, R. M. S.; Ferreira, L. R.; Ferreira, F. A.; Tuffi Santos, L. D.; Fialho, C. M. T.; Machado, M. S. Caracterização anatômica de folha, colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2008.
- Moreira, M. S.; Nicolai, M.; Carvalho, S. J. P.; Christoffoleti, P. J. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 157-164, 2007.
- Nicolai, M.; Melo, M. S. C.; López-Ovejero, R. F.; Christoffoleti, P. J. Monitoramento de infestações de populações de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) suspeitas de resistência ao glifosato. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., Ribeirão Preto, 2010. **Anais...** SBCPD: Ribeirão Preto, 2010. p. 943-946.
- Pereira, M. R. R.; Martins, D.; Silva, J. I. C.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; KLAR, A. E. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, v. 28, n.esp, p. 1047-1058, 2010.
- Rodrigues, B. N.; Almeida, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Autores, 2011. 697 p.
- Santos, F. M.; Vargas, L.; Christoffoleti, P. J.; Agostinetto, D.; Mariani, F.; Dal Magro, T. Differential susceptibility of biotypes of *Conyza sumatrensis* to chlorimuron-ethyl herbicide. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 427-435, 2014.
- SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.
- Seefeldt, S. S.; Jensen, S. E.; Fuerst, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dose response relationship. **Weed Technology**, v. 9, n. 1, p218-227, 1995.
- Silva, A. A.; Silva, J. F.; Ferreira, F. A.; Ferreira, L. R. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2004. 268 p.
- Timossi, P. C.; Durigan, J. C.; Leite, G. J. Eficácia de glyphosate em plantas de cobertura. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 475-480, 2006.